

## MICRO FLUID CONTROL MECHANISM AND MICROCHIP

**Patent number:** JP2004033919  
**Publication date:** 2004-02-05  
**Inventor:** HOSOKAWA KAZUO; MAEDA MIZUO  
**Applicant:** RIKAGAKU KENKYUSHO; HOSOKAWA KAZUO; MAEDA MIZUO  
**Classification:**  
- **international:** B01J19/00; B81B1/00; B81B3/00; F15C4/00; G01N31/20; G01N37/00  
- **European:**  
**Application number:** JP20020194627 20020703  
**Priority number(s):** JP20020194627 20020703

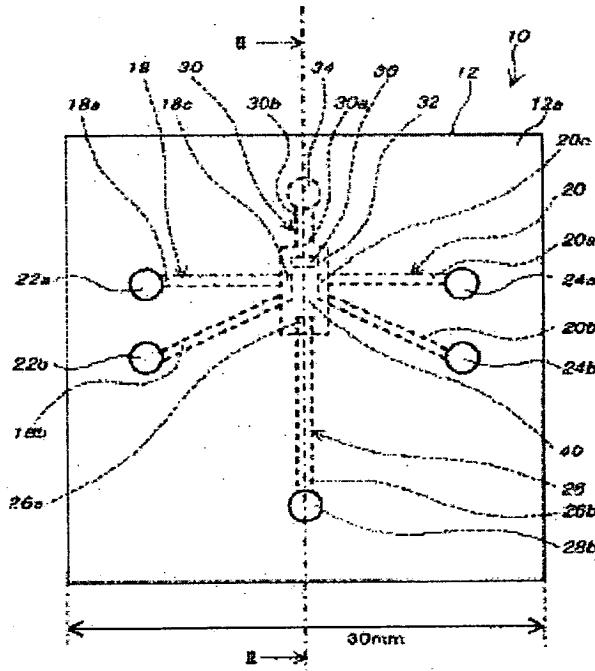
### **Report a data error here**

## Abstract of JP2004033919

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a micro fluid control mechanism the whole configuration of which is made compact, and also to provide a microchip using the same.

<P>SOLUTION: The micro fluid control mechanism has at least one or more first micro fluid paths having both ends opened to the atmosphere, at least one or more second micro fluid paths having one end opened to atmosphere and the other end arranged adjacent to a position on the halfway of the first micro fluid path, and a valve which communicates the position on the halfway of the first micro fluid path with the other end of the second micro fluid path or blocks communication between them by its opening and closing operation. When the valve is closed to block the communication between the position on the halfway of the first micro fluid path and the other end of the second micro fluid path, liquid is dripped on one end of the first micro fluid path and injected into the first micro fluid path due to capillary action, and then the valve is opened to communicate the position on the halfway of the first micro fluid path with the other end of the second micro fluid path. Then, the liquid in the first micro fluid path flows into the second micro fluid path due to capillary action.

<P>COPYRIGHT: (C)2004.JPO



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-33919

(P2004-33919A)

(43) 公開日 平成16年2月5日 (2004.2.5)

(51) Int. C1.<sup>7</sup>B 01 J 19/00  
B 81 B 1/00  
B 81 B 3/00  
F 15 C 4/00  
G 01 N 31/20

F I

B 01 J 19/00  
B 81 B 1/00  
B 81 B 3/00  
F 15 C 4/00  
G 01 N 31/20

3 2 1

テーマコード (参考)

2 G 04 2  
4 G 07 5

審査請求

有

請求項の数 1 0

O L

(全 1 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2002-194627 (P2002-194627)

(22) 出願日

平成14年7月3日 (2002.7.3)

(71) 出願人 000006792

理化学研究所  
埼玉県和光市広沢2番1号

(71) 出願人 502241095

細川 和生  
東京都練馬区北町8-37-8-407

(71) 出願人 502241109

前田 瑞夫  
東京都品川区大井6-21-1-511

(74) 代理人 100087000

弁理士 上島 淳一

(72) 発明者 細川 和生

東京都練馬区北町8-37-8-407

(72) 発明者 前田 瑞夫

東京都品川区大井6-21-1-511

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マイクロ流体制御機構およびマイクロチップ

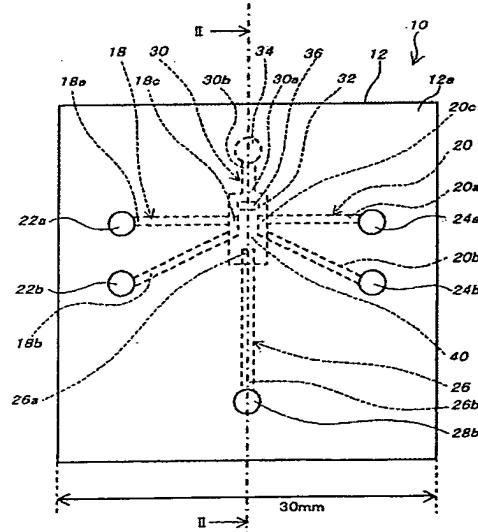
(57) 【要約】

【課題】全体の装置構成を簡潔化したマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供する。

【解決手段】両端が大気に開放された少なくとも1つ以上の第1のマイクロ流路と、一端を大気に開放するとともに他端を第1のマイクロ流路の途中位置に隣接して配置した少なくとも1つ以上の第2のマイクロ流路と、開閉動作に応じて第1のマイクロ流路の途中位置と第2のマイクロ流路の他端とを連通または遮断するバルブとを有し、バルブを閉じて第1のマイクロ流路の途中位置と第2のマイクロ流路の他端とが遮断された状態で、第1のマイクロ流路の一端に液体を滴下して毛細管現象により第1のマイクロ流路に液体を注入した後に、バルブを開いて第1のマイクロ流路の途中位置と第2のマイクロ流路の他端とが連通する状態になると、第1のマイクロ流路内の液体が毛細管現象によって第2のマイクロ流路内に流れ込むようにしたものである。

【選択図】

図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

両端が大気に開放された少なくとも 1 つ以上の第 1 のマイクロ流路と、  
一端を大気に開放するとともに他端を前記第 1 のマイクロ流路の途中位置に隣接して配置  
した少なくとも 1 つ以上の第 2 のマイクロ流路と、  
開閉動作に応じて前記第 1 のマイクロ流路の前記途中位置と前記第 2 のマイクロ流路の他  
端とを連通または遮断するバルブと  
を有し、

前記バルブを閉じて前記第 1 のマイクロ流路の前記途中位置と前記第 2 のマイクロ流路の  
他端とが遮断された状態で、前記第 1 のマイクロ流路の一端に液体を滴下して毛細管現象  
により前記第 1 のマイクロ流路に前記液体を注入した後に、前記バルブを開いて前記第 1  
のマイクロ流路の前記途中位置と前記第 2 のマイクロ流路の他端とが連通する状態にする  
と、前記第 1 のマイクロ流路内の前記液体が毛細管現象によって前記第 2 のマイクロ流路  
内に流れ込む

マイクロ流体制御機構。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記第 1 のマイクロ流路と前記第 2 のマイクロ流路とは、親水性材料よりなる  
マイクロ流体制御機構。

20

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記第 1 のマイクロ流路と前記第 2 のマイクロ流路とは、親水化処理を施されてなる  
マイクロ流体制御機構。

30

**【請求項 4】**

請求項 1、請求項 2 または請求項 3 のいずれか 1 項に記載のマイクロ流体制御機構におい  
て、さらに、  
前記第 2 のマイクロ流路内において乱流を生じさせる乱流発生手段  
を有するマイクロ流体制御機構。

40

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記乱流発生手段は、前記第 2 のマイクロ流路内に形成された凹部または凸部のいずれか  
一方または双方である  
マイクロ流体制御機構。

50

**【請求項 6】**

請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 または請求項 5 のいずれか 1 項に記載のマイク  
ロ流体制御機構において、  
第 1 の板状部材と、第 2 の板状部材と、前記第 1 の板状部材と前記第 2 の板状部材との間  
に配置されて所定の圧力で変位するメンブレンと  
を有して構成され、  
前記第 1 の板状部材には、前記第 1 のマイクロ流路と前記第 2 のマイクロ流路と前記メン  
ブレンが離着する弁座とが形成され、  
前記第 2 の板状部材には、前記メンブレンが前記弁座に着座した位置から前記第 2 の板状  
部材方向に変位する際に前記メンブレンが位置するメンブレン収容室が形成され、  
前記メンブレンと前記弁座とにより前記バルブが構成され、  
前記メンブレンが前記弁座に着座して前記バルブが閉じられたときに、前記第 1 のマイク  
ロ流路と前記第 2 のマイクロ流路とが遮断され、前記メンブレンが前記メンブレン収容室  
側に変位することにより前記メンブレンが前記弁座から離隔して前記バルブが開かれたと  
きに、前記第 1 のマイクロ流路と前記第 2 のマイクロ流路とが連通する  
マイクロ流体制御機構。

50

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記第 1 の板状部材、前記第 2 の板状部材および前記メンブレンは、マイクロチップを構成する  
マイクロ流体制御機構。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 のいずれか 1 項に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記第 1 の板状部材、前記第 2 の板状部材および前記メンブレンは、透明または半透明な  
合成樹脂製である  
マイクロ流体制御機構。

10

【請求項 9】

請求項 6 または請求項 7 のいずれか 1 項に記載のマイクロ流体制御機構において、  
前記第 1 の板状部材、前記第 2 の板状部材および前記メンブレンは、ポリジメチルシロキ  
サン製である  
マイクロ流体制御機構。

10

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載のマイクロ流体制御機構を有するマイクロチ  
ップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロ流体制御機構およびマイクロチップに関し、さらに詳細には、化学実  
験や生物実験の実験操作に用いるマイクロチップに実施して好適なマイクロ流体制御機構  
およびマイクロチップに関する。

20

【0002】

【従来の技術】

近年、マイクロチップを利用して化学や生物実験操作を行うことが提案されており、実際  
に化学分析や細胞計測などの実験操作をマイクロチップ内で行うことが可能になってきて  
いる。

30

【0003】

ここで、上記したマイクロチップとは、平板状の基板に微細加工によってマイクロ流路を  
集積化して形成したものである。

30

【0004】

こうしたマイクロチップを用いることにより、試料の節約を図ることができたり、また、  
実験にかかるスピードを高速化して実験に費やす時間の短縮化を図ることができたり、また、  
実験操作の自動化を図ることができたりするなどの優れた効果が奏されるものであつた。

40

【0005】

ところで、実験に用いる試料や試薬などは多くの場合には液体であるが、上記したマイ  
クロチップを用いた実験においては、これら試料や試薬などの液体をマイクロチップに形成  
されたマイクロ流路の中に導入する必要がある。こうした液体をマイクロ流路の中に導入  
する手法としては、以下に説明する二種類の手法が一般に用いられている。

【0006】

(1) 第 1 の手法・・・シリジポンプを用いる手法

この手法は、マイクロ流路にコネクターを介してチューブを接続し、シリジポンプを用  
いて液体をマイクロ流路内に圧送するという手法である（参照文献：M. Tokeshi  
et al. Analytical Chemistry 72 (2000) pp  
1711-1714）。

40

【0007】

(2) 第 2 の手法・・・電気浸透現象を用いる手法

この手法は、マイクロ流路の両端にリザーバーを設け、そこに電極を差し込んで高電圧を

50

かけると、電気浸透現象によりマイクロ流路内に液体が流れ込むという手法である（参照文献：S. C. Jacobson et al. Analytical Chemistry 71 (1999) pp. 4455-4459）。

【0008】

しかしながら、上記した第1の手法ならびに第2の手法には、以下に示すような問題点があった。

【0009】

(1) 問題点1

外部装置としてシリンジポンプや高圧電源などを必要とするために、こうした外部装置を含む装置全体の構成が複雑になるとともに高価なものとなってしまっていた。

10

【0010】

(2) 問題点2

マイクロ流路にチューブを接続したり電極を挿入したりする必要があるため、実際に実験を開始するまでの準備操作に手間がかかり、準備操作までを含めた全体の作業時間に長時間を要することとなっていた。

【0011】

(3) 問題点3

特に、第1の手法に関しては、試料や試薬のほとんどが動力を伝達するために用いられることになり、そのための試料や試薬が浪費されることになって無駄の多いものとなっていた。

20

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、従来の技術の有する上記したような種々の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、全体の装置構成を簡潔化したマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供しようとするものである。

30

【0013】

また、本発明の目的とするところは、実験の準備操作までを含めた全体の作業時間の短縮化を図ることのできるマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供しようとするものである。

【0014】

さらに、本発明の目的とするところは、試料や試薬が無駄に使用されることがないようにして試料や試薬が浪費されることを抑制し、試料や試薬の使用量の低減化を図ることのできるマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供しようとするものである。

40

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、複数のマイクロ流路と当該複数のマイクロ流路間を連通したり遮断したりするためのバルブとを有して構成され、毛細管現象を利用して当該複数のマイクロ流路内に液体を導入するようにしたものである。

【0016】

従って、本発明によれば、液体は受動的な毛細管現象のみにより駆動されるので、液体を駆動するための外部からの動力を必要とすることがない。このため、本発明によれば、「従来技術」の項に示した問題点1、問題点2ならびに問題点3が解決されることになり、全体の装置構成の簡潔化を図ることができ、実験の準備操作までを含めた全体の作業時間の短縮化を図ることができ、試料や試薬の使用量の低減化を図ることができるようにになる。

50

【0017】

即ち、本発明のうち請求項1に記載の発明は、両端が大気に開放された少なくとも1つ以上の第1のマイクロ流路と、一端を大気に開放するとともに他端を上記第1のマイクロ流路の途中位置に隣接して配置した少なくとも1つ以上の第2のマイクロ流路と、開閉動作に応じて上記第1のマイクロ流路の上記途中位置と上記第2のマイクロ流路の他端とを連

通または遮断するバルブとを有し、上記バルブを閉じて上記第1のマイクロ流路の上記途中位置と上記第2のマイクロ流路の他端とが遮断された状態で、上記第1のマイクロ流路の一端に液体を滴下して毛細管現象により上記第1のマイクロ流路に上記液体を注入した後に、上記バルブを開いて上記第1のマイクロ流路の上記途中位置と上記第2のマイクロ流路の他端とが連通する状態にすると、上記第1のマイクロ流路内の上記液体が毛細管現象によって上記第2のマイクロ流路内に流れ込むようにしたものである。

【0018】

また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記第1のマイクロ流路と上記第2のマイクロ流路とは、親水性材料よりなるようにしたものである。

10

【0019】

また、本発明のうち請求項3に記載の発明は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記第1のマイクロ流路と上記第2のマイクロ流路とは、親水化処理を施されてなるようにしたものである。

【0020】

また、本発明のうち請求項4に記載の発明は、本発明のうち請求項1、請求項2または請求項3のいずれか1項に記載の発明において、さらに、上記第2のマイクロ流路内において乱流を生じさせる乱流発生手段を有するようにしたものである。

20

【0021】

また、本発明のうち請求項5に記載の発明は、本発明のうち請求項4に記載の発明において、上記乱流発生手段は、上記第2のマイクロ流路内に形成された凹部または凸部のいずれか一方または双方であるようにしたものである。

30

【0022】

また、本発明のうち請求項6に記載の発明は、本発明のうち請求項1、請求項2、請求項3、請求項4または請求項5のいずれか1項に記載の発明において、第1の板状部材と、第2の板状部材と、上記第1の板状部材と上記第2の板状部材との間に配置されて所定の圧力で変位するメンブレンとを有して構成され、上記第1の板状部材には、上記第1のマイクロ流路と上記第2のマイクロ流路と上記メンブレンが離着する弁座とが形成され、上記第2の板状部材には、上記メンブレンが上記弁座に着座した位置から上記第2の板状部材方向に変位する際に上記メンブレンが位置するメンブレン収容室が形成され、上記メンブレンと上記弁座とにより上記バルブが構成され、上記メンブレンが上記弁座に着座して上記バルブが閉じられたときに、上記第1のマイクロ流路と上記第2のマイクロ流路とが遮断され、上記メンブレンが上記メンブレン収容室側に変位することにより上記メンブレンが上記弁座から離隔して上記バルブが開かれたときに、上記第1のマイクロ流路と上記第2のマイクロ流路とが連通するようにしたものである。

【0023】

また、本発明のうち請求項7に記載の発明は、本発明のうち請求項6に記載の発明において、上記第1の板状部材、上記第2の板状部材および上記メンブレンは、マイクロチップを構成するようにしたものである。

40

【0024】

また、本発明のうち請求項8に記載の発明は、本発明のうち請求項6または請求項7のいずれか1項に記載の発明において、上記第1の板状部材、上記第2の板状部材および上記メンブレンは、透明または半透明な合成樹脂製であるようにしたものである。

【0025】

また、本発明のうち請求項9に記載の発明は、本発明のうち請求項6または請求項7のいずれか1項に記載の発明において、上記第1の板状部材、上記第2の板状部材および上記メンブレンは、ポリジメチルシロキサン製であるようにしたものである。

【0026】

また、本発明のうち請求項10に記載の発明は、本発明のうち請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載のマイクロ流体制御機構を有するマイクロチップである。

50

**【0027】****【発明の実施の形態】**

以下、添付の図面に基づいて、本発明によるマイクロ流体制御機構およびマイクロチップの実施の形態の一例を詳細に説明するものとする。

**【0028】**

まず、図1には本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの概略構成上面説明図が示されており、図2には図1に示すマイクロチップのII-II線による断面図(概略構成縦断面図)が示されており、図3にはメンブレン収容室(後述する。)周辺の拡大概略構成上面説明図が示されており、図4にはバルブを閉じた状態における図3のIV-IV線による拡大概略構成断面説明図が示されており、図5にはバルブを開けた状態における図3のIV-IV線による拡大概略構成断面説明図が示されている。

10

**【0029】**

なお、図1、図3および図4には各構成部位の寸法が記入されているが、ここに示された寸法は各構成部位の大きさの一例を示すものであって、本発明は当該記入された寸法の大きさに限定されるものではない。

20

**【0030】**

ここで、マイクロチップ10は、第1の板状部材としての作動流体チップ12と、第2の板状部材としての駆動流体チップ14と、作動流体チップ12と駆動流体チップ14との間に配置されて所定の圧力で変位するメンブレン16とを有して構成されている。

30

**【0031】**

これら作動流体チップ12、駆動流体チップ14およびメンブレン16の材料は、マイクロチップ10を用いて実験を行う際の試料や試薬などの液体の種類などに応じて適宜に選択することができる。例えば、作動流体チップ12、駆動流体チップ14およびメンブレン16の材料としては、透明または半透明な合成樹脂を用いることができ、さらに具体的には、ポリジメチルシロキサン(polydimethylsiloxane(以下、「PDMS」と称する。)などのシリコーンゴムを用いることができる。

40

**【0032】**

そして、作動流体チップ12には、第1のマイクロ流路として、上面から見てV字形状に屈曲した一連の導入用流路18、20が形成されている。なお、導入用流路18、20は、それぞれの途中位置である屈曲部18c、20cが互いに隣接して対向するようにして配置されている。

**【0033】**

ここで、導入用流路18、20は、作動流体チップ12の下面12b側が開口した溝状に形成されており、その下面12b側の開口面はメンブレン16により遮蔽されている。

**【0034】**

また、導入用流路18の一方の端部18aは、作動流体チップ12の上面12a側に形成された試料や試薬などの液体を導入するためのサンプル用ポート22aと連通し、導入用流路18の他方の端部18bは、導入用流路18内の空気の排出口となる空気出口22bと連通している。従って、導入用流路18の両端部18a、18bは、大気に開放されていることになる。

**【0035】**

同様に、導入用流路20の一方の端部20aは、作動流体チップ12の上面12a側に形成された試料や試薬などの液体を導入するためのサンプル用ポート24aと連通し、導入用流路20の他方の端部20bは、導入用流路20内の空気の排出口となる空気出口24bと連通している。従って、導入用流路20の両端部20a、20bは、大気に開放されていることになる。

50

**【0036】**

さらに、作動流体チップ12には、第2のマイクロ流路として、上面から見てI字形状に延長する一連の混合用流路26が形成されている。なお、混合用流路26の一方の端部26aは、導入用流路18、20の屈曲部18c、20cと隣接して配置されている。

**【0037】**

ここで、混合用流路26は、作動流体チップ12の下面12b側が開口した溝状に形成されており、その下面12b側の開口面はメンブレン16により遮蔽されている。

**【0038】**

また、混合用流路26の他方の端部26bは、混合用流路26内の空気の排出口となる空気出口28bと連通している。即ち、混合用流路26の一方の端部26bは、大気に開放されていることになる。

**【0039】**

一方、駆動流体チップ14には、上面から見てI字形状に延長する一連の駆動流体用流路30が形成されている。

10

**【0040】**

さらに、駆動流体チップ14には、この駆動流体用流路30の一方の端部30aに連接して、導入用流路18、20の屈曲部18c、20cおよび混合用流路26の端部26aが平面投影された際にそれらを含む領域を有するようにして形成されたメンブレン収容室32が設けられている。

20

**【0041】**

ここで、駆動流体用流路30は、駆動流体チップ14の上面14a側が開口した溝状に形成されており、その上面14a側の開口面はメンブレン16により遮蔽されている。同様に、メンブレン収容室32も、駆動流体チップ14の上面14a側が開口した幅広の溝状に形成されており、その上面14a側の開口面はメンブレン16により遮蔽されている。

20

**【0042】**

また、駆動流体用流路30の他方の端部30bは、駆動流体用流路30およびメンブレン収容室32内に駆動流体を供給するための駆動流体用ポート34と連通している。なお、この実施の形態においては、駆動流体として空気を用いており、駆動流体用ポート34には、駆動流体用流路30内の空気圧を制御するためのポンプ（図示せず。）が接続されることになる。

30

**【0043】**

また、メンブレン収容室32内には、駆動流体用流路30およびメンブレン収容室32内が負圧にされて、メンブレン16がメンブレン収容室32側に変位する際の変位位置を規制するサポート36が形成されている。

30

**【0044】**

メンブレン16は、メンブレン収容室32側に変位していない状態のときには、作動流体チップ12の下面12bに形成された弁座40に着座している。こうしたメンブレン16と弁座40とによりバルブが構成され、メンブレン16が作動流体チップ12の下面12bに形成された弁座40に着座しているときにはバルブが閉じられており、メンブレン16がメンブレン収容室32側に変位して作動流体チップ12の下面12bに形成された弁座40から離隔しているときにはバルブが開けられている。そして、バルブが開くと、導入用流路18、20および駆動流体用流路30が互いに連通する。

40

**【0045】**

以上の構成において、メンブレン16が作動流体チップ12の下面12bに形成された弁座40に着座しているバルブを閉じた状態において、混合すべき2液をそれぞれサンプル用ポート22a、24aに滴下する。サンプル用ポート22a、24aに滴下されたこれら2液は、毛細管現象によって自発的に導入用流路18、20に吸い込まれる。

40

**【0046】**

次に、ポンプ（図示せず。）を作動させて駆動流体用流路30内を負圧にして、メンブレン16をメンブレン収容室32側に変位させ、作動流体チップ12の下面12bに形成された弁座40から離隔させてバルブを開く。即ち、バルブを開くためには、駆動流体用ポート28bから駆動流体用通路26を経てメンブレン収容室32に負圧を供給し、メンブレン収容室32の上部のメンブレン1をメンブレン収容室32側（下方向）に変形させる（図4、図5参照）。

50

**【0047】**

上記のような動作によりバルブが開くと、導入用流路18、20内の2液は、同時に混合用流路26に流れ込む。この作用も毛細管現象によるものであり、2液は混合用流路内26において混合される。

**【0048】**

以上の動作を実現するためには、導入用流路18、20ならびに混合用流路26の内壁は液で濡れる、即ち、接触角が90度未満であることが好ましい。

**【0049】**

なお、以下に説明する上記したマイクロチップ10を用いた本願発明者による実験においては、混合する2液としてエタノール溶液を用いており、溶液を可視化するために、蛍光色素フルオレセインのエタノール溶液を2種類用意した。これらエタノール溶液のそれぞれの濃度は、0.02mg/mlと0.2mg/mlである。

**【0050】**

本願発明者による実験では、これら2液をマイクロチップ10(図6参照)のサンプル用ポート22a、24aにそれぞれ2マイクロリットルずつ滴下した。滴下されたこれら2液は、毛細管現象によって自発的に導入用流路18、20に吸い込まれた(図7参照)。

**【0051】**

ここで、バルブを開くことにより、これら2液は同時に混合用流路26に流入した(図8および図9参照)。混合用流路26に流入した2液は層流をなしており、2液が流れている最中およびバルブを閉めて流れが止まった直後は十分には混合しなかった(図10参照)。しかし、2液の流れを止めると拡散により徐々に混合し(図1-1参照)、数十秒で完全に混合した(図1-2参照)。

**【0052】**

このような層流による不完全な混合は、分析手法として有用なものと認められている(参考文献: A. Hatch et al. Nature Biotechnology 19 (2001) pp. 461-465)。

**【0053】**

一方、混合用流路26内において迅速な混合が必要な場合には、混合用流路26に乱流を生じさせる乱流発生手段を設けることにより乱流を生じさせ、混合用流路26における混合を促進させることができる(参考文献: A. D. Strook et al. Science 295 (2002) pp. 647-651)。

**【0054】**

こうした混合用流路26に乱流を生じさせる乱流発生手段としては、例えば、混合用流路26内に形成された凹部または凸部のいずれか一方または双方を用いることができる。

**【0055】**

ところで、作動流体チップ12、駆動流体チップ14およびメンブレン16の材料としてPDMSを用いる場合には、PDMSの表面はそのままの状態では疎水性である。このため、上記した本願発明者による実験においては、液体としてPDMS表面との濡れ性がよいエタノール溶液を用いていた。しかしながら、PDMSに酸化やコロナ放電などの適当な表面処理を施して表面を親水化したり、あるいは他の適当な親水性材料を用いて作動流体チップ12、駆動流体チップ14およびメンブレン16を製造することにより、本発明は水溶液も扱うことが可能になるものである。

**【0056】**

なお、PDMS表面を親水化するための処理は、具体的には、例えば、「A. Papra et al. Langmuir 17 (2001) pp. 4090-4095」に示されている。この文献においては、成形したPDMSに対して次のような処理を行うことにより、PDMSの表面の親水化を図っている。

**【0057】**

(第1の処理) 「酸素分圧: 0.36mbar」、「コイル電力: 140W」という条件下、酸素プラズマでPDMSを10秒間処理する。

10

20

30

40

50

## 【0058】

(第2の処理) 次に、酸素プラズマで処理したP D M S を下記のような組成の水溶液に2時間浸す。

## 【0059】

組成: poly (ethylene glycol) di (triethoxy) silane (分子量3400) 1mM

濃塩酸 0.08%

(第3の処理) 最後に、第2の処理を施したP D M S を2回水洗いし、水で超音波洗浄を2分間行う。

## 【0060】

また、流れを可視化するために、蛍光微粒子のエタノール溶液を用いて実験を行った。蛍光微粒子の平均直径は5ミクロン、濃度は $2.8 \times 10^7$ 個/mLであり、この実験の結果を図12に示す。この図12は、蛍光色素溶液を用いた場合の図9に相当する。

## 【0061】

この図12に示す結果から、混合時の溶液の流れは各サンプル用ポート22a、24aから導入用流路18、20、さらに合流点たる端部26aを経て混合用流路26に向かっており、導入用流路18、20の屈曲部18c、20cから端部18b、20bへ向かう流路には溶液の流れがほとんど無いことが判る。

## 【0062】

従って、各サンプル用ポート22a、24aから当該サンプル用ポート22a、24aから導入された2液の合流点である混合用流路26の一方の端部26aまでの流体抵抗を適切に設計することにより、各液体の混合比を制御することができる。

## 【0063】

2液の場合、流体抵抗を $R_1$ 、 $R_2$ 、流量を $Q_1$ 、 $Q_2$ とすると、

$$R_1 Q_1 = R_2 Q_2$$

が成立する。

## 【0064】

流体抵抗は、例えば、流路の長さによって変えることができる。本発明の対象となる微小寸法では、流体抵抗 $R$ は流路長さ $L$ に比例するので、2液の粘度を $v_1$ 、 $v_2$ とすると、

$$L_1 v_1 Q_1 = L_2 v_2 Q_2$$

が成立する。

## 【0065】

次に、本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの製造方法について説明する。

## 【0066】

ここで、本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの製造過程の概略は、図13および図14に図番順に時系列で示されている。

## 【0067】

まず、駆動流体チップ14は、以下のような型成型技術によって製造される。即ち、所定の高さの駆動流体用流路26およびメンブレン収容室32を成形するための反転パターンを形成するために、超厚膜フォトレジスト100 (SU-8: Microchem社製、アメリカ) をシリコン基板102の上にスピンドルコートし、製造者メーカーの指示にしたがって処理する。その後、反転パターンを露光し、現像する。

## 【0068】

現像の後に、接着を強化するために、炉中で4分間150°Cで焼き、それから1~2時間かけて室温まで徐冷する。型離れをよくするために、シリコン基板102は、反応性イオシンエンチング (RIE) 機械 (RIE-10NR: サムコインターナショナル研究所社製、日本) 中で、CHF<sub>3</sub>プラズマにより重合化されたフロロカーボン層を2分間成膜する。その時の条件は、CHF<sub>3</sub>ガス流量50 sccm、圧力20 Pa、電力200 Wである。

10

20

30

40

50

## 【0069】

さらに、PDMS (Sylgard 184: Dow Corning社製、USA) の未重合溶液を溶液を、当該溶液を保持する型枠を使用してシリコン基板102上に注ぐ(図13参照)。これに対して65°Cで1時間の第1キュアと、100°Cで1時間の第2キュアとを行う。キュアされたPDMSチップは、シリコン基板102から剥離される。こうして製造されたPDMSチップに対して、金属パイプを使用してパンチすることにより、駆動流体用ポート28bを形成する。

## 【0070】

次に、PDMS製のメンブレン16を他のシリコン基板104上に形成し(図14参照)、当該メンブレン16上に駆動流体チップ14を移転する。

10

## 【0071】

PDMS製のメンブレン16を他のシリコン基板104上に形成する際には、CHF<sub>3</sub>プラズマによって重合されたフロロカーボン層を、前もって上記したプロセスを使用してシリコン基板106上に成膜しておく。次に、当該シリコン基板106上にPDMSの未重合溶液を30秒間、3000 rpmでスピンドルコートし、かつ、オーブンで100°C、1時間のキュアを施す。その結果として、25 μm厚のメンブレン16が得ることができた。

20

## 【0072】

駆動流体チップ14とメンブレン16との間では不可逆的接着を実現するために、駆動流体チップ14とメンブレン16との表面は、RIE機械中で酸素ガス流量20 sccm、圧力10 Paおよび電力70 Wの条件で、酸素プラズマで1分間処理する。

20

## 【0073】

そして、プラズマチャンバーから駆動流体チップ14とメンブレン16とを取り出した後に、直ちに両者の表面を接触させ、オーブン中で100°Cで2時間焼く(図14参照)。これにより、駆動流体チップ14とメンブレン16とは不可逆的に接着されることになり、それらは一緒にメンブレン16の形状を保ったままシリコン基板104から剥離することができる。

30

## 【0074】

次に、作動流体チップ12を製造することになるが、駆動流体チップ14と同じ方法で製造することができる。

## 【0075】

こうして製造した作動流体チップ12は、駆動流体チップ14とメンブレン16との合成体の表面に単に接触させるだけで可逆的接着される。この際に、PDMSは透明であるので、位置合わせはビデオ顕微鏡(VZM450システム:エドモンド・オプティクス・ジャパン社製、日本)とX-Y-Zステージを利用し行うことができる。

20

## 【0076】

なお、上記した実施の形態は、以下の(1)乃至(4)に示すように変形することができるものである。

## 【0077】

(1) 上記した実施の形態においては、第1のマイクロ流路として2本の導入用流路18、20を形成したが、第1のマイクロ流路の本数はこれに限られるものではないことは勿論である。即ち、第1のマイクロ流路は1本でもよいし、また、3本以上でもよい。

40

## 【0078】

(2) 上記した実施の形態においては、第1のマイクロ流路として上面から見てV字形状に屈曲した一連の導入用流路18、20を形成したが、第1のマイクロ流路の形状はこれに限られるものではないことは勿論である。即ち、第1のマイクロ流路の形状は、I字形状やW字形状などの適宜の形状を採用することができる。

## 【0079】

(3) 上記した実施の形態においては、第2のマイクロ流路として1本の混合用流路26を形成したが、第2のマイクロ流路の本数はこれに限られるものではないことは勿論である。

50

る。即ち、第2のマイクロ流路は2本以上でもよい。

【0080】

(4) 上記した実施の形態ならびに上記した(1)乃至(3)に示す変形例は、適宜に組み合わせるようとしてもよい。

【0081】

【発明の効果】

本発明は、以上説明したように構成されているので、全体の装置構成を簡潔化したマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供することができるという優れた効果を奏する。

【0082】

また、本発明は、以上説明したように構成されているので、実験の準備操作までを含めた全体の作業時間の短縮化を図ることのできるマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供することができるという優れた効果を奏する。

【0083】

さらに、本発明は、以上説明したように構成されているので、試料や試薬が無駄に使用されることがないようにして試料や試薬が浪費されることを抑制し、試料や試薬の使用量の低減化を図ることのできるマイクロ流体制御機構およびマイクロチップを提供することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの概略構成上面説明図である。

【図2】図1に示すマイクロチップのI I - I I線による断面図(概略構成縦断面図)である。

【図3】メンブレン収容室周辺の拡大概略構成上面説明図である。

【図4】バルブを閉じた状態における図3のI V - I V線による拡大概略構成断面説明図である。

【図5】バルブを開けた状態における図3のI V - I V線による拡大概略構成断面説明図である。

【図6】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図7】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図8】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図9】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図10】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図11】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図12】本願発明者による実験結果を示す図3に対応する顕微鏡写真である。

【図13】本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの製造過程を示す概略構成説明図である。

【図14】本発明によるマイクロ流体制御機構を実施したマイクロチップの製造過程を示す概略構成説明図である。

【符号の説明】

1 0	マイクロチップ
1 2	作動流体チップ
1 2 a	上面
1 2 b	下面
1 4	駆動流体チップ
1 6	メンブレン
1 8、2 0	導入用流路
1 8 a、1 8 b、2 0 a、2 0 b、2 6 a、2 6 b、3 0 a、3 0 b	端部
1 8 c、2 0 c	屈曲部
2 2 a、2 4 a	サンプル用ポート

10

20

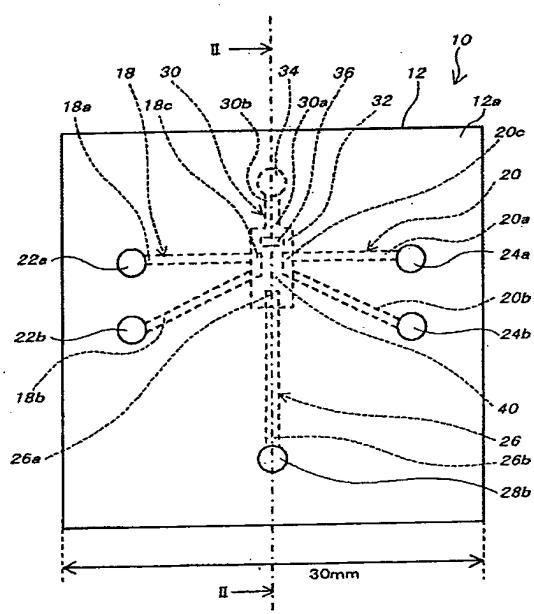
30

40

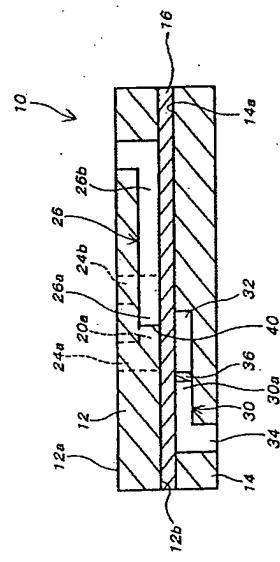
50

22b、24b、28b 空気出口  
 26 混合用流路  
 30 駆動流体用流路  
 32 メンブレン収容室  
 34 駆動流体用ポート  
 36 サポート  
 40 弁座  
 100 超厚膜フォトレジスト  
 102、104 シリコン基板

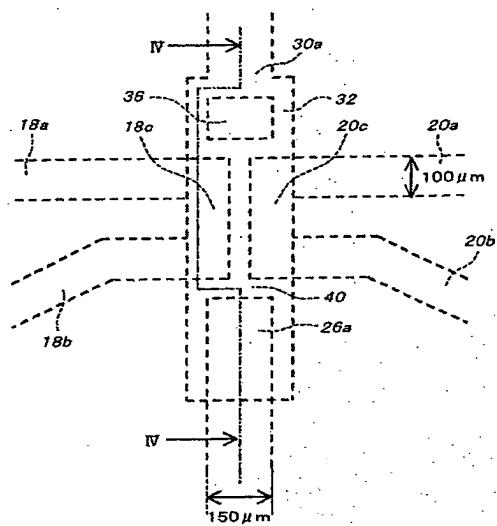
【図1】



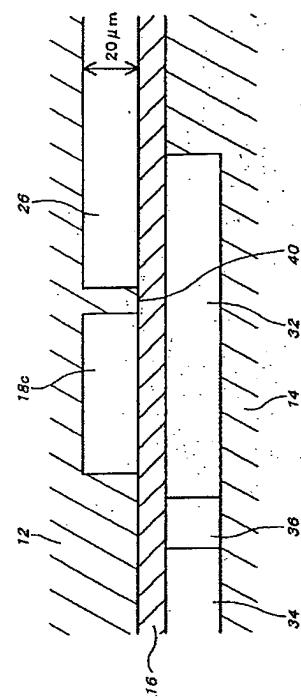
【図2】



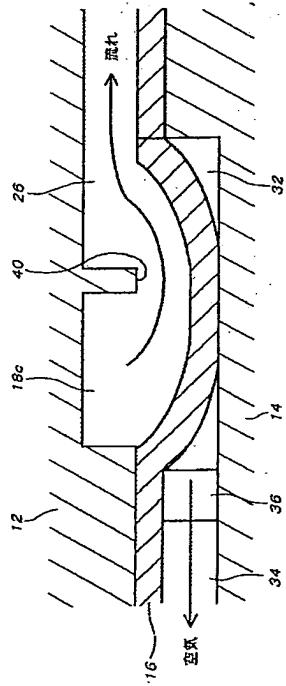
【図 3】



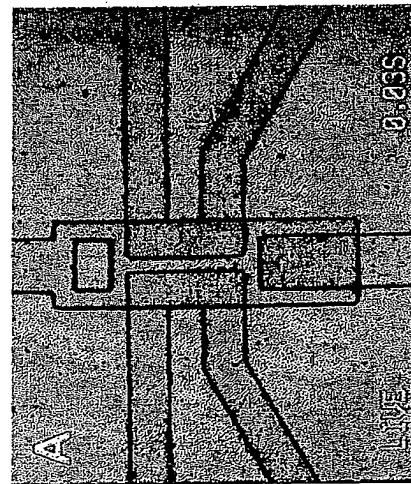
【図 4】



【図 5】

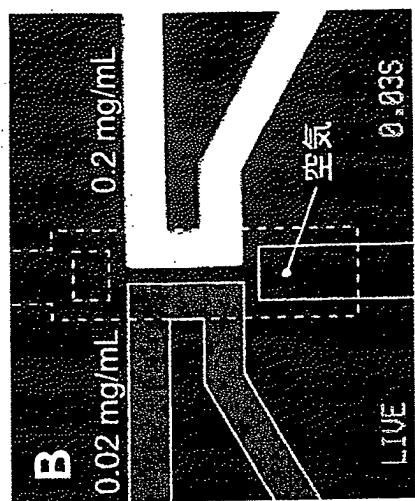


【図 6】

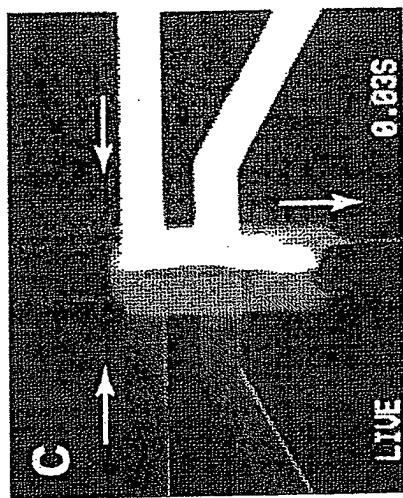


BEST AVAILABLE COPY

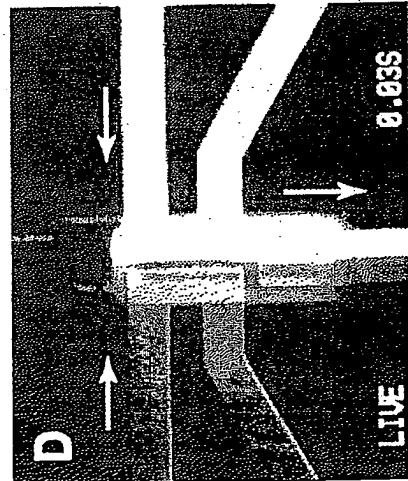
【図 7】



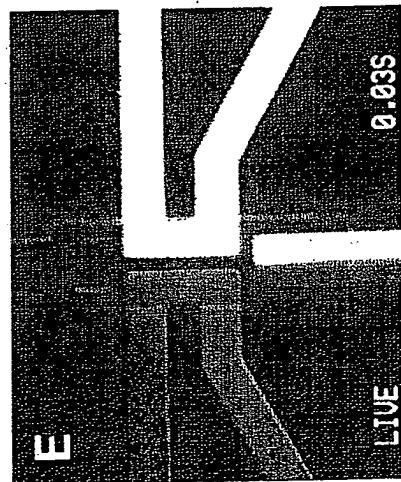
【図 8】



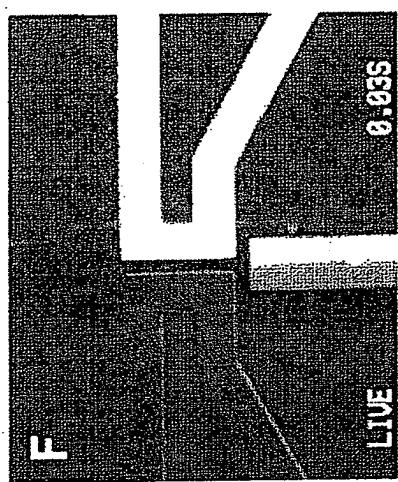
【図 9】



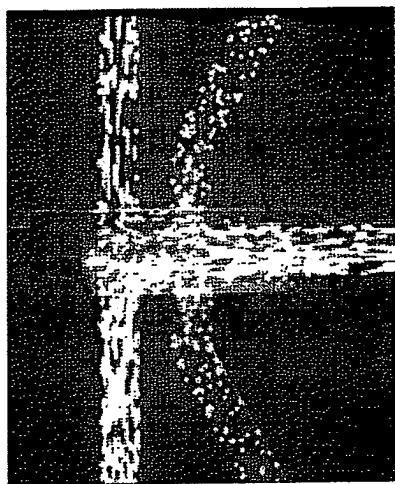
【図 10】



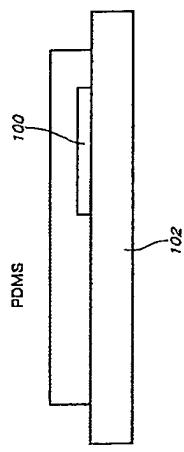
【図 1 1】



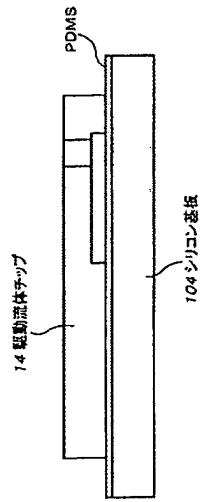
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



BEST AVAILABLE COPY

-----  
フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7 F I G 0 1 N 37/00 1 0 1  
G 0 1 N 37/00

テーマコード (参考)

F ターム (参考) 2G042 HA02 HA03  
4G075 AA03 AA13 AA39 BA10 BD15 BD24 DA02 EE01 FB12 FC02  
FC20